SISTEMAS MODERNOS DE TELECOMUNICACIONES

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

SISTEMAS MODERNOS DE TELECOMUNICACIONES



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

Apartado de Correos 35432, Barcelona

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-740-5 (Vol. 42)
D. L.: B. 29508-1986

Impreso y encuadernado por
printer industria gráfica, sa c.n. II, cuatro caminos, s/n
08620 sant vicenç dels horts barcelona 1986

Printed in Spain

Sistemas modernos de telecomunicaciones

INTRODUCCION

En 1838, Samuel Morse transmitió, a través de 10 millas de cable, el primer mensaje telegráfico. Así nacía una nueva era para las comunicaciones punto a punto: la era de la comunicación eléctrica.

Ahora, después de 150 años de constante evolución, los sistemas de comunicaciones se encuentran en cualquier lugar donde es necesaria la transmisión de información de un punto a otro; ya son habituales sistemas tales como el teléfono, la televisión y la radio. En la oficina, el telex y los sistemas de transmisión de datos se van imponiendo a medida que hay más cosas que saber y que comunicar para tomar decisiones correctas.

Para trabajos especiales en oficinas gubernamentales o de organismos oficiales, los sistemas de telecomunicación más avanzados, como los que utilizan fibras ópticas, se están introduciendo cada día con más vigor.

En todo momento miles de circuitos de larga distancia están siendo utilizados para enviar textos, voz e imágenes a los más remotos lugares del globo. Computadores intercambian información entre sí mediante enlaces intercontinentales de transmisión de datos. Procesos industriales son controlados y agilizados mediante sistemas de control de lazo cerrado, y el hombre se está convirtiendo cada día más en un supervisor de dichos controles. Esta es una somera lista de las aplicaciones de las telecomunicaciones a la que se podrían añadir tantas como la imaginación pudiera inventar.

Pero el desarrollo no se ha parado ahí, el último gran logro tecnológico ha sido y sigue siendo los sistemas de telecomunicación y telemando de la nave espacial Voyager. Fue lanzada en 1979 y aún hoy, en 1986, sigue enviando información (fotografías y medidas) de los planetas exteriores cuyas órbitas atraviesa, y cuando está a punto de

abandonar nuestro sistema solar (a casi 6,5 millones de km) aún sigue siendo operativa.

Parece, pues, que las aplicaciones potenciales de la tecnología de las comunicaciones están solamente limitadas por las necesidades, la imaginación y las aspiraciones del hombre.



Antena de televisión con los paneles emisores y receptores de microondas. En primer término se observa el emisor y excitador de la URE (Unión de Radioaficionados Españoles).

Cualquier intento de cubrir la miríada de sistemas de comunicación existentes, resultaría en la realización de un catálogo que pronto estaría obsoleto. Por ello este libro se limitará, en lo que sigue, a dar un punto de vista general sobre las telecomunicaciones, nombrándose aquellos sistemas más generales y que están más al alcance en nuestra vida diaria, o aquellos que en un futuro no muy lejano serán de uso corriente.

COMUNICACIONES

Se define la comunicación como el proceso por el que la información es transferida desde un punto llamado fuente a otro llamado destino. En general, ambos puntos estarán separados por una gran distancia, pero no siempre ocurre así.



La vida moderna exige comunicaciones fiables, no solamente entre usuarios a grandes distancias sino en distancias más cortas, como sucede en las obras civiles. (Cortesía: General Electric).

El conjunto de mecanismos que permite el enlace entre la fuente y el destino se denomina sistema de comunicación.

De las dos definiciones anteriores se deduce que la palabra clave es información. Dicha palabra implica nociones de tipo filosófico y semántico, como conocimiento o significado, por lo que introducirse en la definición de lo que

es información llevaría por derroteros que están fuera de lugar en esta obra divulgativa.

La manifestación física de la información es el mensaje. Como consecuencia de que las fuentes de información son muy diferentes (la voz humana, máquinas, etc.), los mensajes pueden aparecer con formas muy variadas: como frecuencias de símbolos discretos, cantidades variables en el tiempo, diversas funciones temporales o, finalmente, como combinaciones de todas las anteriores.

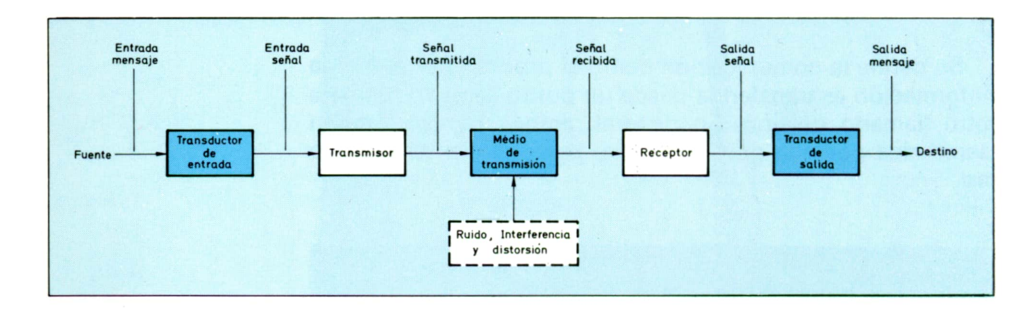


Figura 3. Desglosamiento ideal de un sistema completo de telecomunicaciones.

En general se puede decir que el mensaje no tendrá una forma eléctrica, por lo que si se utiliza como transmisor un sistema eléctrico se necesitará de un transductor. Por lo tanto, un transductor es un dispositivo capaz de convertir el mensaje en una señal, que es mucho más adecuada para ser procesada por el sistema. Pero esto implica que en el destino deberemos tener otro transductor que convierta la señal en el mensaje original.

En lo que sigue, tanto mensaje como señal se utilizarán indistintamente, ya que ambos son el vehículo físico que lleva la información.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES

La figura 3 muestra los elementos funcionales completos de un sistema de comunicaciones en el que se incluyen, además, los transductores de entrada y salida. Las diferentes entidades en las que se ha dividido el sistema genérico de comunicaciones sirven para comprender mejor

el conjunto, ya que en los equipos actuales pudiera no ser tan obvia esta división.

El transmisor

La misión del transmisor es acoplar el mensaje al medio de transmisión. Para ello, en general, el transmisor realizará una



Vista parcial del complejo emisor de radio y TV en una parte del Tibidabo (Barcelona).

serie de operaciones con la señal, la más común de las cuales suele ser la modulación.

Medio de transmisión

A veces se denomina canal y es la conexión eléctrica entre el transmisor y el receptor. En general, puede ser un par de hilos, un cable coaxial, una guiaonda o el aire por el que se desplazará una onda electromagnética radiante. Una de las características fundamentales del medio de transmisión o canal es la atenuación, que no es más que el progresivo decrecimiento de la potencia de la señal con el incremento de la distancia.



Hoy en día los receptores y emisores para comunicaciones suelen ocupar muy poco espacio debido a la utilización de circuitos integrados. En la fotografía puede verse un transceptor para la banda de 27 MHz.

Receptor

La función primordial del receptor es extraer la señal original del medio de transmisión y transmitírsela al transductor de salida. Como consecuencia de la atenuación de la señal de transmisión la señal que llega al receptor es pobre, por lo que normalmente este elemento dispone de varias etapas de amplificación. Pero la operación más importante que suele realizar el transmisor es la demodula-

ción, que no es más que el proceso inverso a la modulación, la cual restaura la señal original.

Contaminaciones

Durante la transmisión de la señal tienen lugar ciertos efectos indeseados. Uno es la atenuación, la cual reduce la potencia de la señal; más serios, sin embargo, son la distorsión, la interferencia y el ruido.



Figura 6. Las comunicaciones móviles por vía radioteléfono no son obstáculos hoy día. Esta aplicación se va extendiendo entre los hombres de negocios, que deben tener conexión con lugares fijos. (Cortesía: General Electric).

En el lenguaje común cualquier perturbación de la señal se considera un «ruido», y es a veces difícil saber distinguir entre los varios efectos en una señal contaminada.

En la contaminación de una señal existen tres efectos básicos: *distorsión, interferencia* y *ruido*, conceptos que trataremos de ampliar en la página siguiente.

Distorsión

Se llama distorsión a la alteración de la señal producida por una respuesta imperfecta del sistema de transmisión a la señal que se quiere enviar y, a diferencia de los dos efectos siguientes, desaparece cuando desaparece la señal.

Aunque teóricamente es posible compensar perfectamente los sistemas para evitar la distorsión, en la práctica algo de distorsión ha de ser aceptada siempre.

Interferencia

Se denomina interferencia a la contaminación de la señal recibida por señales extrañas, generalmente producidas por el hombre, con una forma similar a la señal deseada.

Eliminar esta forma de contaminación es teóricamente posible, pero a veces no es práctico.

Ruido

Por ruido se entiende toda señal eléctrica aleatoria e imprevisible nacida de causas naturales, tanto internas como externas al sistema. Cuando una señal como ésta se añade a otra señal de información, esta última puede ser parcialmente enmascarada o totalmente anulada. Lo que hace único al ruido es que ni siquiera teóricamente es posible eliminarlo del todo.

Telefonía

La forma más extendida del servicio de telecomunicación en nuestros días es el teléfono, que se utiliza para la transmisión de una señal fónica a distancia. La característica más importante del teléfono es que se desarrolla en tiempo real, esto es, que a medida que se habla el terminal receptor lo está recibiendo.

Haciendo referencia a la figura el transmisor sería la estación de abonado del que habla; el canal de comunicación serían los cables que conectan ambos teléfonos, y el receptor sería el teléfono de la persona que escucha. Pero en un sistema telefónico hay que añadir un nuevo elemento imprescindible para poder establecer la comunicación, es la central telefónica. La central telefónica es la que permite la

unión entre dos teléfonos para que se comuniquen entre sí y, por tanto, forma parte del canal de comunicación.

Estación de abonado

Su forma externa más general está formada por el microteléfono, que contiene el sistema receptor y transmisor, y una caja a la que está adosado un disco que sirve para marcar el número deseado. Dentro de esta caja se encuentra el circuito de paso de dos a cuatro hilos, la red compensadora de efecto local, la red ecualizadora, el sistema mecánico de transmisión de pulsos o emisión de frecuencias y el timbre.

El receptor telefónico

El receptor telefónico es un transductor electromagnético



Estación móvil de comunicaciones. Puede observarse el teclado, el display y la circuitería interna. (Cortesía: Siemens).

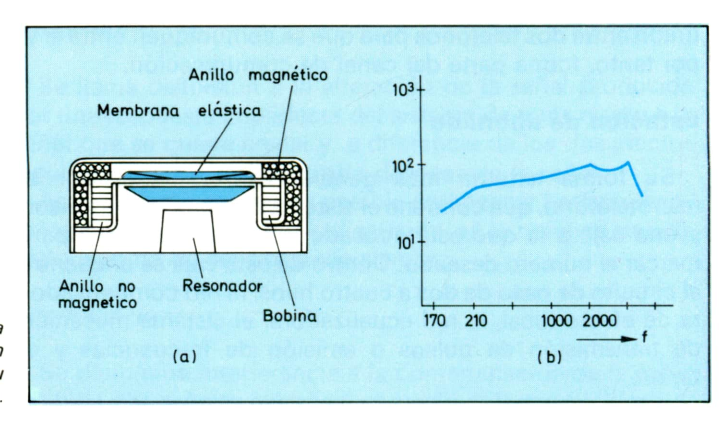


Figura 8. a) El esquema muestra en corte un altavoz elíptico; b) y su respuesta en frecuencia.

que convierte las variaciones de corriente, que atraviesan los devanados de una bobina, en variaciones de presión producidas por una membrana elástica. La relación de transformación viene dada por

$$F \propto \frac{(N * I)^2}{A * R} \qquad (1)$$

donde N es igual al número de vueltas del arrollamiento de la bobina, I es igual a la intensidad que atraviesa la bobina, A es el área y R la reluctancia.

Reluctancia no es más que una medida de la oposición presentada al flujo magnético y es análoga, por tanto, a la resistencia en un circuito eléctrico.

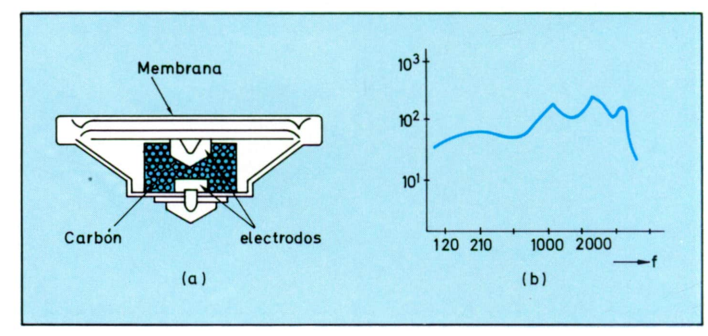


Figura 9 a) Corte transversal de una cápsula microfónica; b) y su comportamiento dentro de la gama de frecuencias.

El transmisor telefónico

El transductor empleado como transmisor telefónico es un micrófono de carbón que está constituido por una membrana elástica, un electrodo en el centro, carbón granulado y una cápsula soporte a la cual se fija el otro electrodo. La presión que se ejerce sobre la membrana se traduce en una variación de la resistencia entre los electrodos (debida al carbón), con lo que se consigue traducir a variaciones eléctricas las variaciones de presión.

La ecuación que define la variación de la resistencia por la presión viene dada por la fórmula:

$$R \propto \frac{1}{P} \qquad (2)$$

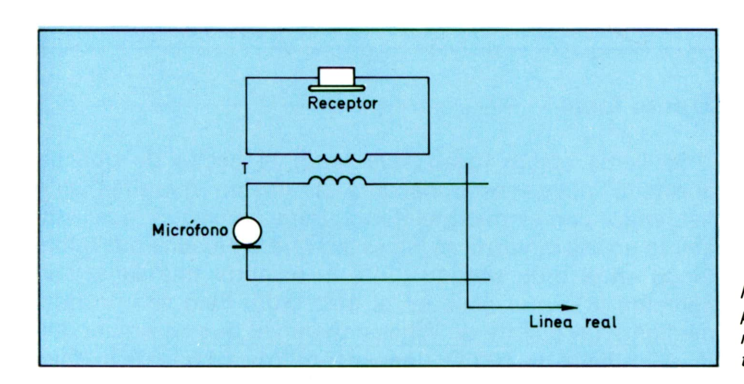


Figura 10. El circuito de paso de 2 a 4 hilos se realiza a través de un transformador T.

Circuito de paso de dos a cuatro hilos

Las dos hilos que unen la estación de abonado con la central correspondiente quedan cerrados a través del micrófono que, como ya se ha explicado, genera variaciones de corriente en sus extremos. Esta variación de corriente puede ser transmitida al receptor mediante un arrollamiento en serie con el micrófono y otro con el receptor, de manera que estén acoplados magnéticamente (figura 10). Las variaciones de corriente en las líneas de abonados se transforman en variaciones de tensión en el circuito del receptor. De esta forma se consigue pasar de dos hilos a la

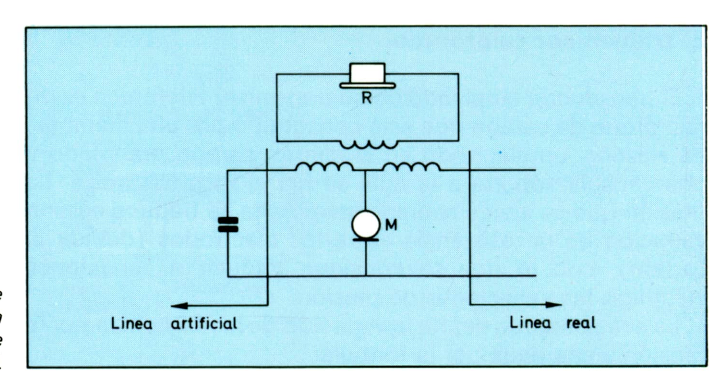


Figura 11. Simulación de una línea de 400 Ω para evitar las molestias que ocasionaría el efecto local.

entrada de la estación a cuatro hilos en el interior de la misma (dos para el micrófono y dos para el receptor).

Efecto local

Se llama efecto local (*side tone*) al hecho de que un abonado pueda escucharse a sí mismo mientras esté hablando por el microteléfono. Para conseguir que este efecto no sea molesto, es necesario que la persona que habla tenga en el oído situado junto al receptor una sensación parecida a la que tiene en el otro oído. Esto se consigue mediante un puente de Wheastone en el que se simula una línea artificial de 400 Ω, ligeramente inferior a la de la línea real (600 Ω) (figura 11).

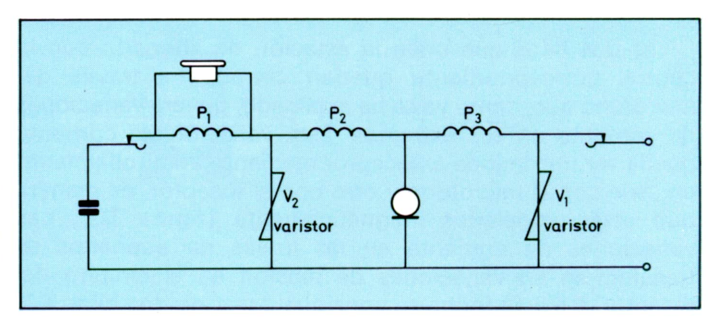


Figura 12. En esta figura se puede apreciar que en realidad el transformador del circuito de paso de 2 a 4 hilos es un autotransformador formado por las bobinas P_1, P_2 y P_3. Además se muestran los varistores empleados para formar la red equalizadora.

Red ecualizadora

Esta red permite que las comunicaciones entre abonados distantes y abonados cercanos se oigan de manera similar. En la figura 12 puede verse una red de ecualización que utiliza varistores, los cuales son resistencias dependientes de la tensión. Si la conversación se desarrolla entre abonados cercanos la tensión que llega a la red es grande, por lo que los varistores bajan su valor resistivo, con lo que es desviado a masa un mayor porcentaje de corriente. Si, por el contrario, la conversación es entre dos abonados distantes, la tensión que llega es menor y es enviada a masa menos corriente. Este sistema hace que la corriente que llega al receptor se mantenga razonablemente constante para un amplio margen de distancias entre abonados.

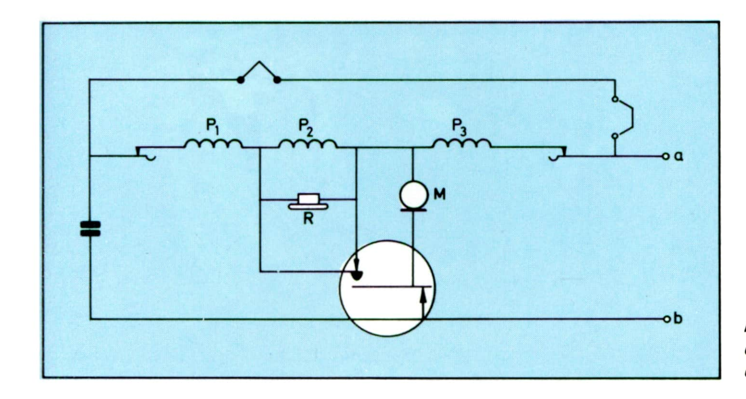


Figura 13. Esquema completo de la estación de abonado.

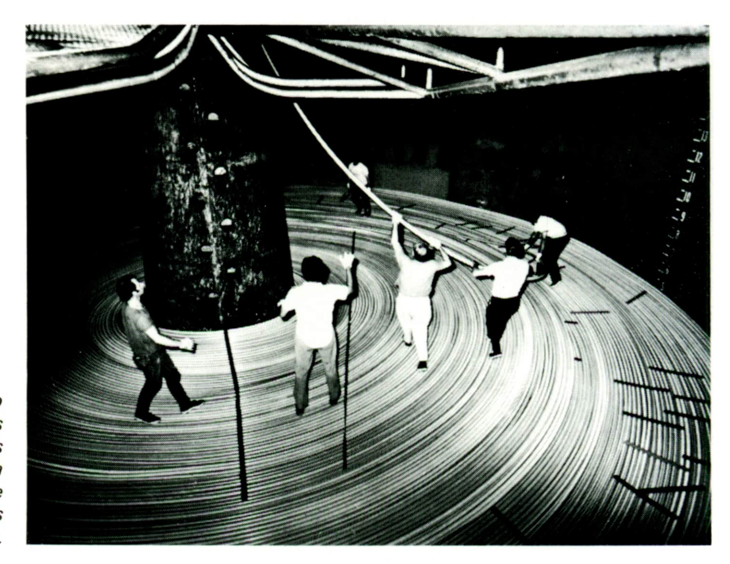
Sistema de transmisión de impulsos o emisión de frecuencias

Para poder marcar el número telefónico del abonado con el que se quiere conectar, existe en la estación de abonado o un dial numerado o una serie de teclas también numeradas. En el primer caso, cuando se mueve el dial con el dedo, en el retorno a su posición original el disco abre y cierra alternativamente el bucle.

Cada apertura del bucle es contada en la central consiguiéndose así transmitir el número deseado. Los impulsos de

apertura son de 66 ms y su frecuencia de 10 impulsos por segundo.

En los teléfonos de teclado cada vez que se aprieta un número se genera una señal, y es la central la que decodifica el número. Para evitar que erróneamente se tomen como frecuencias de señalización palabras, música o parásitos, las señales generadas por las teclas están compuestas de dos frecuencias comprendidas dentro de la banda de conversación (entre 300 y 3.500 Hz).



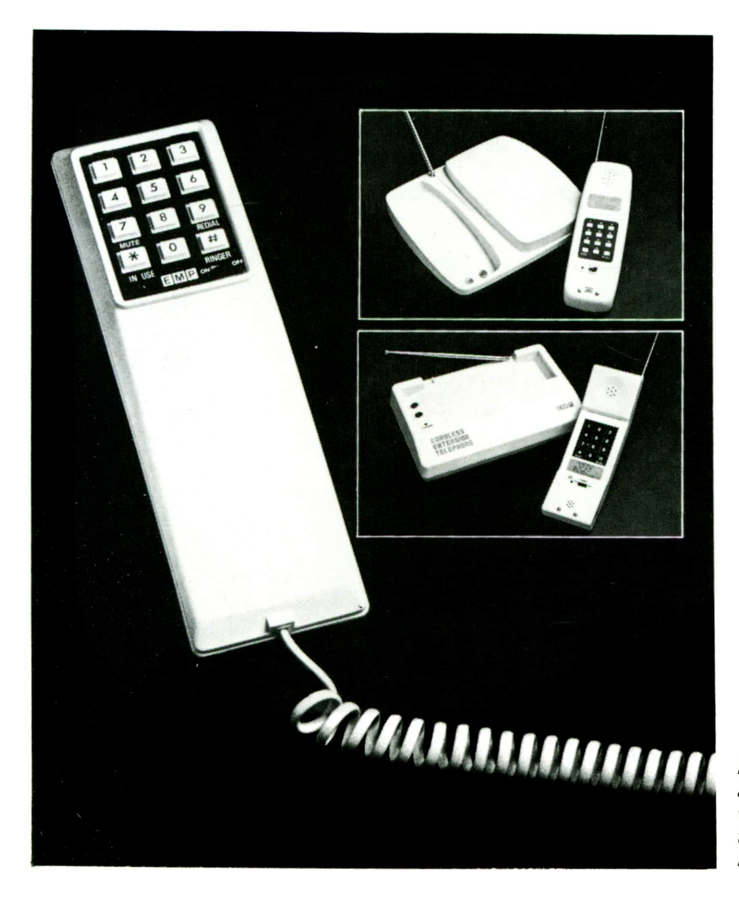
El cable es uno de los elementos más importantes en los sistemas telefónicos. En la fotografía puede verse uno que se utiliza para los enlaces transoceánicos.

Cada una de estas dos frecuencias se toma de cada grupo de dos grupos de cuatro frecuencias, lo que permite obtener dieciseis combinaciones de señales diferentes. Para la numeración basta con diez (del 0 al 9), por lo que quedan seis combinaciones para futuras aplicaciones. Hoy en día existen circuitos integrados capaces de producir dichas codificaciones, los cuales serán de uso extensivo en el futuro con la telefonía digital.

El timbre

El órgano encargado de avisar al abonado que está recibiendo una llamada es el timbre.

Es un dispositivo electromagnético que acciona un pequeño martillo, el cual golpea repetidas veces una o dos campanillas. Es accionado por una señal enviada desde la central a través de la línea de abonado.



Los teléfonos actuales aprovechan todas las ventajas de las telecomunicaciones y de la digitalización.

La corriente de llamada para hacer sonar el timbre tiene una frecuencia de 25 Hz y una cadencia igual a la tonalidad de llamada, es decir, 1.500 ms de emisión y 3.000 ms de silencio. La tolerancia de frecuencia es de ± 1 %. El nivel de tensión de salida es de 75 voltios con una tolerancia de ± 2 voltios.

CENTRALES

Los elementos básicos de una red telefónica son las estaciones de abonado.

Evidentemente, ante la imposibilidad práctica de conectar entre sí dos a dos todas las estaciones de abonado, surge inmediatamente la necesidad de establecer puntos de conmutación centralizados, denominados centrales, a los que irán conectadas las estaciones de abonados.



Bastidores y terminal del sistema 1240 del Centro de Programación de Conmutación (Compañía Telefónica Nacional de España).

Podría pensarse entonces en conectar todas las centrales entre sí por medio de circuitos, que faciliten el establecimiento de comunicaciones entre dos estaciones de abonado pertenecientes a centrales diferentes, pero esta solución se convierte también en impracticable en cuanto el número de centrales se hace un poco elevado, aparece así la necesidad de una central de superior categoría que se encargue de cursar el tráfico entre las centrales de categoría inferior.

Siguiendo el mismo razonamiento de manera sucesiva, surge el concepto de *red jerárquica* como el conjunto de aquellas estaciones de abonado y de centrales, unidas entre sí de manera que cada una de ellas depende de una y sólo una de categoría inmediatamente superior.

A la central de la que dependen exclusivamente estacio-

nes de abonado se la denomina central local, siendo su función, desde el punto de vista jerárquico, facilitar la conexión entre sí de las estaciones de abonados que de ella dependen y con otras centrales, a través de las cuales se alcanzan otras estaciones no pertenecientes a dicha central local.



El tendido del cable coaxial telefónico, formado por varios pares de conductores, permite conectar entre sí las centrales auxiliares con la central principal. (Cortesía: Fujitsu).

Se denomina área local de una central local a la zona geográfica donde, normalmente, están situadas las estaciones de abonado servidas por dicha central. Excepcionalmente puede ocurrir que en esta zona existan estaciones de abonado de otra central y que algunas estaciones pertenecientes a la central en cuestión no están situadas en dicha zona, como es el caso de abonados a circuitos interurbanos (ACI's).

La central de categoría inmediatamente superior a la

central local es la central primaria, cuya función, desde el punto de vista jerárquico, es facilitar la conexión entre sí de las centrales locales que de ella dependen y con una central de superior categoría (secundaria) de la que, a su vez, depende.

El conjunto de las áreas locales de las centrales locales dependientes de una central primaria constituye un área primaria.



Figura 18. Equipo de supervisión del estado de las líneas telefónicas.

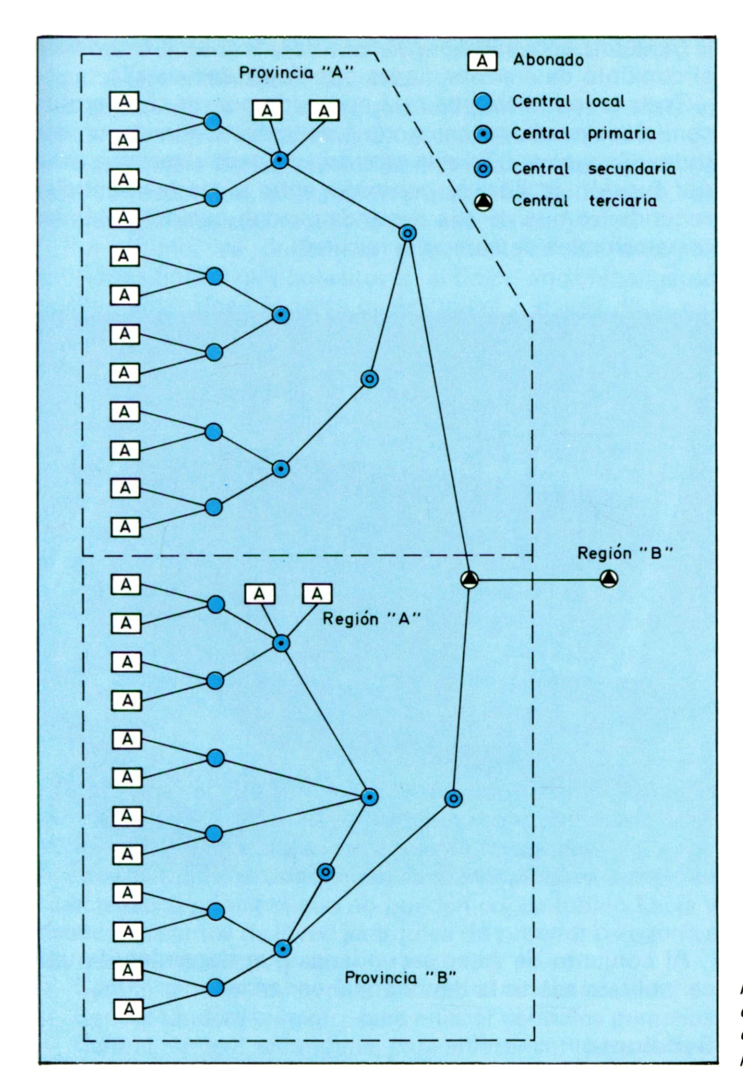


Figura 19. Esquema de conexionado entre centrales de diferentes provincias.

A las centrales primarias se las hace depender de una central secundaria cuya función, en la red jerárquica, es facilitar la conexión entre sí de las centrales primarias que de ella dependen y con una central de superior categoría (terciaria) de la que, a su vez, depende.

Se define como área secundaria de una central secundaria al conjunto de áreas primarias que dependen de ella.

Toda la red jerárquica está coronada por un conjunto de centrales de máxima categoría o centrales terciarias, unidas todas ellas entre sí. En este sentido, una central terciaria tiene por función facilitar la conexión entre sí de las centrales secundarias que de ella dependen y con cualquiera de las otras centrales de categoría máxima.



Contestador automático preparado para recibir y enviar mensajes en ausencia del usuario. (Cortesía: Amper).

Al conjunto de áreas secundarias que dependen de una central terciaria se la denomina área terciaria.

Secciones

Se denomina línea de abonado al circuito que conecta un aparato de abonado a una central local.

Al conjunto de circuitos que conectan una central local con su central primaria se le denomina sección primaria.

Asimismo, se denominarán sección secundaria y sección terciaria al conjunto de circuitos que conectan una central

primaria a su central secundaria y una central secundaria a su central terciaria respectivamente.

Los haces de circuitos que enlazan a las centrales terciarias entre sí se denominan secciones cuaternarias.

A cualquiera de las secciones definidas en este apartado que corresponden a la *red jerárquica* se las conoce, en sentido general, con el nombre de secciones finales.

Por último, se denomina ruta final al conjunto de secciones finales que constituyen el *único* encaminamiento posible entre dos centrales cualesquiera a través de la red jerárquica.

Red complementaria

General

La *red jerárquica* permite siempre una conexión entre dos estaciones de abonado cualesquiera, lo cual no implica que el encaminamiento a través de la misma corresponda al óptimo perseguido bajo el punto de vista económico y de servicio; por ello es preciso considerar en la red telefónica una serie de nuevos elementos y conceptos que constituyen la *red complementaria.*

Centrales

En la red complementaria pueden considerarse aquellas centrales de *tránsito* cuya función consiste en enlazar exclusivamente controles de la misma categoría.

Estas centrales se denominan *centrales tándem*, siendo su característica principal que no pueden cursar tráfico hacia y desde una central de la red jerárquica de superior categoría a las que interconecta, y son:

— Central tándem local, para enlazar centrales locales.
— Central tándem primario, para enlazar centrales primarias.
— Central tándem secundaria, para enlazar centrales secundarias.

Nomenclatura funcional de las centrales

Central Terminal

Central automática que realiza directamente la conexión

entre abonados pertenecientes a una o varias poblaciones, generalmente pequeñas. Depende de una central primaria situada en una población distinta de la suya.

Central Urbana

Central automática que realiza directamente la conexión entre abonados pertenecientes a la misma población y que depende de una central primaria o de mayor categoría situada en la misma área urbana.

Central tándem urbana

Central automática de tipo primario de la que dependen exclusivamente centrales urbanas de la misma población.

Central de Sector (CS)

Central automática de tipo primario a la que se conectan directamente abonados de su población y de la que dependen centrales terminales situadas en poblaciones distintas.

Central de Tránsito Sectorial (CTS)

Central automática de tipo primario a la que no se conectan abonados directamente y de la que dependen centrales terminales situadas en distinta población. Suele instalarse en poblaciones donde existe una central de tipo secundario o terciario con la que comparte algunas facilidades.

Central de Subsector (CSS)

Central terminal a la que excepcionalmente se capacita para realizar tránsitos entre otras centrales terminales cuando se consigue una economía al ser pequeña la distancia entre ellas. No tiene una limitación geográfica determinada de actuación.

Central de Sector Principal

Es una central de Sector a la que, excepcionalmente, se

capacita para realizar tránsitos entre otras centrales de Sector cuando con ello se consigue una economía notable de circuitos. El caso se presenta cuando varios sectores forman un núcleo con una cierta comunidad de intereses, estando todos ellos alejados de la cabecera de la provincia telefónica.



Gama de diferentes teléfonos de la firma Standard. Incluye el tipo «góndola», el «Teide» y el de monedas, para establecimientos públicos.

Central Automática Provincial (CAP)

Central automática de tipo secundario que cursa exclusivamente tránsito entre centrales de tipo primario que dependen directamente de ella.

Central Automática Nacional (CAN)

Central automática de tipo secundario que no cursa tráfico de tránsito entre las centrales primarias o terminales que dependen de ella, enlazándolas exclusivamente con centrales de otra provincia distinta.

Central Automática Interurbana (CAI)

Como unión del tipo de trabajo de la CAP y de la CAN, aparece esta central automática que cursa tráfico procedente

o destinado a las centrales terminales y primarias que dependen de ella sin limitaciones.

Central tándem Interurbana

Central automática de tipo secundario que realiza simultáneamente las funciones de tándem urbana para determina-



Teléfono de radioenlace que funciona en las frecuencias de VHF o en microondas.

das centrales urbanas de la misma área metropolitana y de central de Sector, CAP o CAI, para otras centrales terminales y de Sector situadas fuera del área metropolitana.

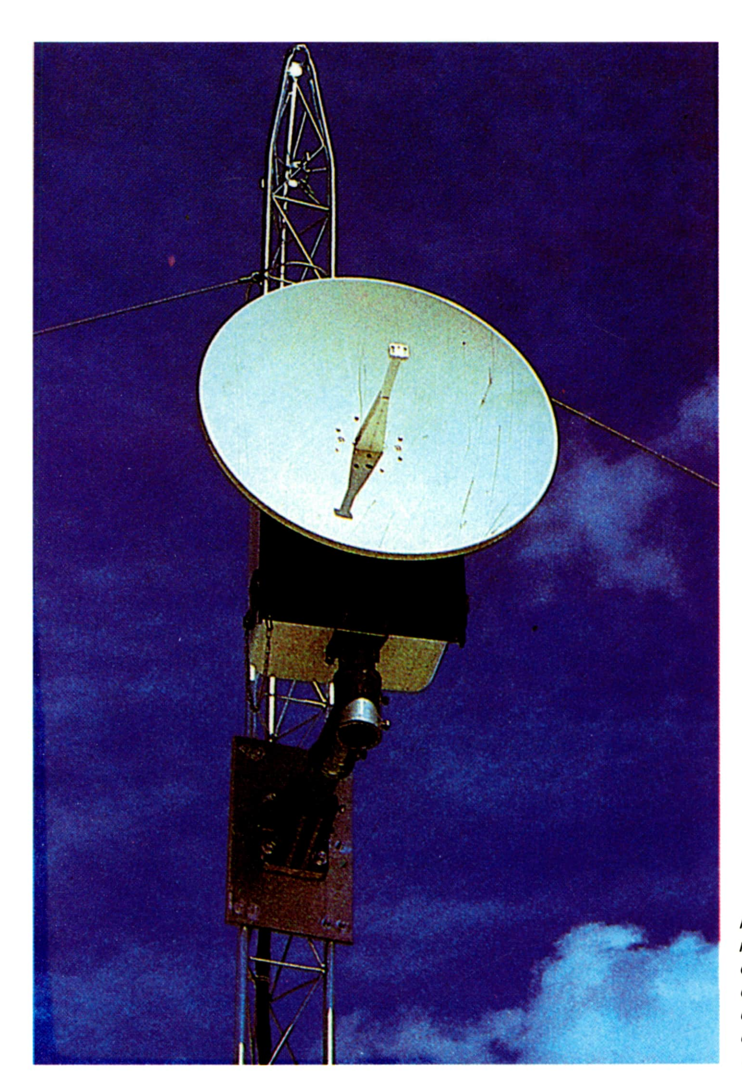
Central Nodal (Central Regional)

Central automática de tipo terciario.

TELEGRAFIA

El sistema que abrió la gran era de las comunicaciones eléctricas fue el telégrafo.

Ideado por Samuel Morse, está constituido por un



Parábola de un radioenlace de tipo digital, para el Laboratorio de Puertos de Madrid, capaz de trabajar con 120 canales telefónicos. (Cortesía: Amper).

pulsador que al ser manipulado envía un impulso de corriente a través de un par de hilos, que son el enlace entre la fuente y el destino.



Figura 24. Procesador de mensajes cifrados para transmitir por vía telefónica.

La interpretación del mensaje se hace en función de un código, llamado Morse, en el que cada símbolo está formado por una combinación de impulsos largos y cortos. En el destino, existe un electroimán que es accionado por los impulsos eléctricos que llegan, actuando sobre una plumilla. Esta dibuja sobre el papel «puntos» y «rayas» en función del tiempo que dure el impulso de corriente transmitido, signos que luego serán «traducidos» por el destinatario.

En vez de esta versión del receptor, se pueden emplear otras en que los impulsos de corriente se transforman en impulsos acústicos y se reciben mediante auriculares.

La velocidad máxima de transmisión en el tipo de telégrafo tradicional es de 120 letras por minuto.

Más modernamente se han introducido los terminales receptores con impresora (llamándose a este tipo de telégrafo de Hughes) que permiten recibir los mensajes ya en caracteres de imprenta; este tipo de telégrafo suele disponer, tanto en el emisor como en el receptor, de ruedas de tipos que son accionadas eléctricamente, así como

equipo complementario que asegura la sincronización entre emisor y receptor.

La velocidad en el telégrafo de Hughes es algo superior a la máxima del telégrafo de Morse.

Posteriormente se le añadieron los teletipos, que aumentan la velocidad de transmisión en gran medida.



Figura 25. Comprobador de teletex del tipo DTX-1.

EL TELEX

Se denomina telex al sistema de comunicación telegráfica entre abonados conectados a centrales de conmutación. Por tanto, es la telegrafía que aprovecha las ventajas directas de las centrales telefónicas de conmutación para la comunicación entre abonados.

Telex es la contracción de las palabras inglesas *teleprinter exchange*, que significan comunicación mediante teleimpresor. La gran ventaja que ofrece sobre la telefonía es que es capaz de comunicar mensajes aun en ausencia de destinatario, facilitando así la comunicación entre diferentes partes del mundo en que los horarios son diferentes.

Cada día es mayor el número de empresas que adoptan este sistema de comunicación por la ventaja antedicha y porque de cada mensaje enviado o recibido queda constancia escrita.

COMUNICACION DE IMAGENES: EL FACSIMIL

Comunicación de imágenes

La necesidad de asegurar una utilización más efectiva del lugar de trabajo, aspecto de suma importancia para las operaciones generales de la oficina, ha llevado a la necesidad de normalizar el papel utilizado en las mismas. Esto ha ayudado a la realización de telecopiadores y sistemas de facsímil.

En el pasado ya había dispositivos para la comunicación de imágenes, como los transmisores de mapas meteorológicos.

Hablando estrictamente, los *plotters* también podrían incluirse en la familia de los dispositivos transmisores de imágenes.



Figura 26. Facsímil FAX 401 de la firma Canon.

Indice de cooperación

Un aspecto común a todos los terminales de transmisión de imágenes es la necesidad de transmitir sin distorsión, que viene aumentada en este tipo de comunicación por el hecho de que los documentos enviados podrán luego ser reproducidos en el tamaño de origen o en otro mayor. Esto queda garantizado con el mantenimiento de los valores del

índice de cooperación recomendados internacionalmente.

Esta cantidad sin dimensiones se expresa mediante la fórmula:

$$M = \frac{\text{líneas de exploración}}{\text{mm}} \times \text{diámetro de las agujas} \qquad (3)$$

siendo el diámetro de las agujas, el grosor de las mismas del sistema reproductor expresado en milímetros. M asegura que las dimensiones relativas de la página (la razón longitud/ancho) permanecen intactas, sea cual sea el formato.

Criterios de clasificación

La figura 28 muestra que en la telegrafía de fotos el tipo de fotografía y su posterior utilización son criterios de clasificación, y que en el facsímil es el tamaño del documento lo que determina su clasificación. La razón principal es que, en el caso de la telegrafía de dibujos o



Figura 27. Modelo ITT 3000 de teleimpresora. (Cortesía: Standard Eléctrica).

fotografías, los sistemas de recogida de datos (los exploradores) pueden recoger más información de la que los dispositivos terminales suministrarán, mientras que en el caso de documentos en blanco y negro, los exploradores ópticos se escogen de acuerdo con la calidad requerida en cada caso por razones de costo.

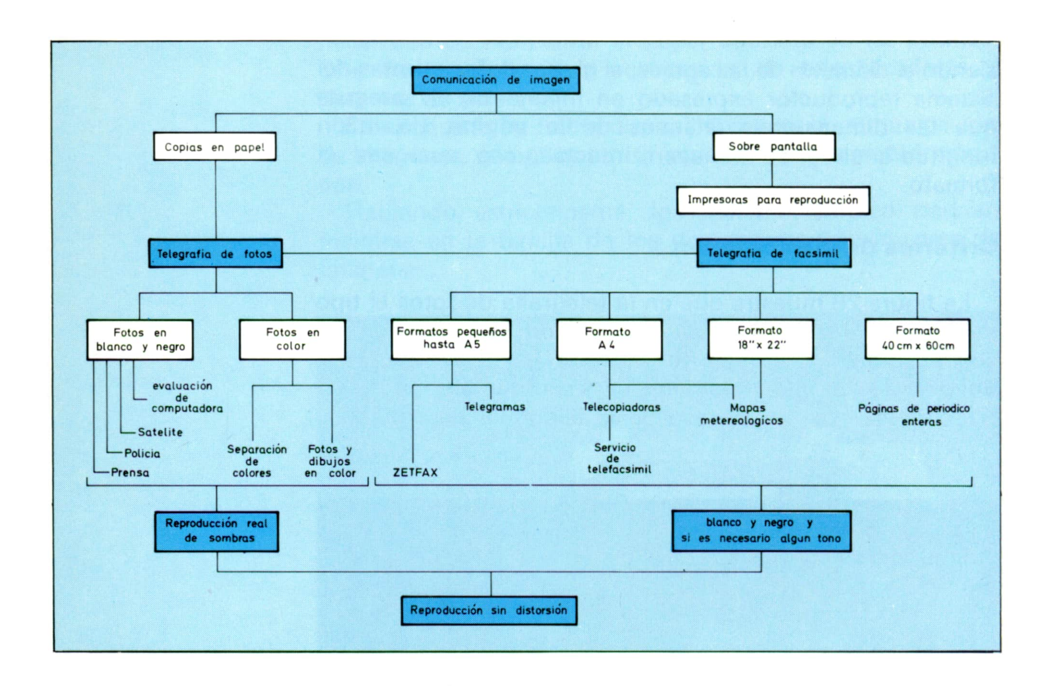


Figura 28. Clasificación de los sistemas de comunicación que se relacionan mediante imágenes.

Redes de comunicaciones

Todos los dispositivos terminales, con la excepción de los que transmiten páginas enteras de periódico, operan a través de canales de comunicación con anchos de banda telefónicos (300-3.400 Hz), como recomienda el CCITT. Si por razones técnicas (onda corta, frecuencias de control en la banda) sólo se pueden usar anchos de banda pequeños, la transmisión queda afectada en su velocidad, que será más pequeña, o será preciso utilizar técnicas de codificación o modulación complicadas. Los canales de gran ancho de banda (de 48 ó 240 kHz) o con ancho de banda de

televisión se reservan para la transmisión de páginas enteras de periódico.

Sistemas analógicos y digitales

Todos los terminales mencionados anteriormente están concebidos para que la alta redundancia inherente a la comunicación de imágenes no se pierda. Las señales transmitidas a través de los canales de comunicación son analógicas en esencia y moduladas en amplitud o en



La transferencia de información mediante las teleimpresoras resulta de utilidad en las empresas relacionadas con los diferentes clientes o proveedores. (Cortesía: Standard Eléctrica).

frecuencia. Para asegurar que el canal es explotado de manera óptima se pueden utilizar también las modulaciones en banda lateral vestigial y de fase, y en algún caso la de tres niveles.

Hablando estrictamente, aquellos dispositivos que suministran información en blanco y negro puro no pueden ser

catalogados como «digitales», ya que el flujo de datos en ellos, controlados sólo por el contenido de los documentos, no está sincronizado por una señal de reloj.

Ya hay dispositivos genuinamente digitales para la comunicación de imágenes, sin embargo, la estandarización internacional, debida a organismos como CCITT, no se ha completado todavía.

Velocidades

Las regulaciones sobre velocidad de las administraciones postales y telegráficas indican lo que cuesta la transmisión de una imagen, dando valores separados para circuitos de conmutación y circuitos dedicados, y haciendo distinciones entre señales analógicas y digitales.

Un examen exahustivo del asunto muestra que en muchos casos la transmisión analógica no es sólo más rápida ahora, sino que es más barata.

La importancia de la transmisión justifica el empleo de una determinada velocidad.

Volumen de datos y tiempos de transmisión

Las figuras 30 y 31 muestran los parámetros más relevantes para redes analógicas y digitales por las que se transmiten unos pocos documentos típicos normalizados.

Funcionamiento del sistema facsímil

El caso más general y más próximo a nosotros en la vida

Tipo de documento	*Familia de dispositivos*	*Volumen de datos después de la codificación y comprimir*
Dibujo técnico en papel DIN A2	Facsímil para mapas meteorológicos	alrededor de 1,3 Mbits
DIN A3 para avisos	idem	alrededor de 0,64 Mbits
Fotografías 160 mm × 210 mm formato de prensa	foto por cable	alrededor de 5,0 Mbits

Figura 30. Familia de dispositivos utilizados en la transmisión de datos.

Tipo de documento	*Tiempo de transmisión*		
	Canal de transmisión		*Canal de datos a 9.600 bits/s*
	Vocal	*Analógica*	
Dibujo técnico en formato A2	16	(8)	2,26
DIN A3 para avisos	8	(4)	1,1
Fotografías en formato de prensa 16 × 21 cm	7	(3,5)	8,7
Nota	operación estándar	Cuando la línea está balanceada o se usa una modulación más compleja	Por ejemplo utilizando las redes de transmisión de datos

Figura 31. Varios de los tipos de transmisión en función de la información con la que deben trabajar y los canales utilizados para hacerlo.

diaria es el sistema facsímil, que no es más que un caso especial de la transmisión de imágenes.

Se denomina facsímil al sistema de transmisión de textos o dibujos mediante señales eléctricas.

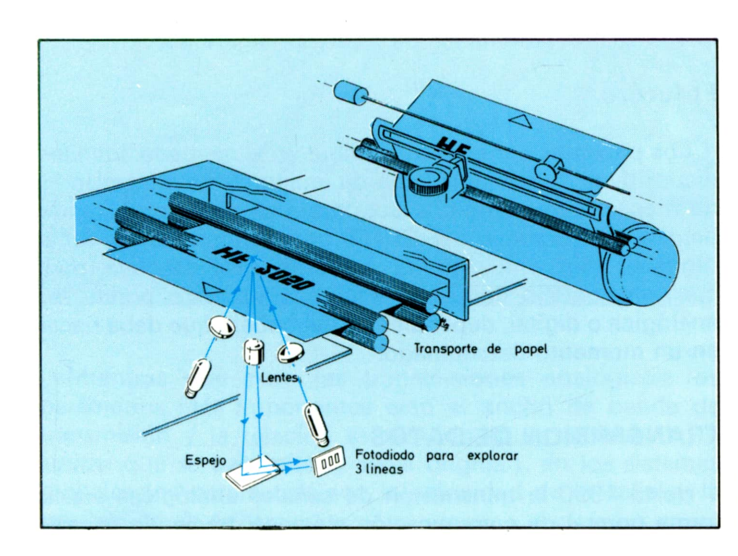


Figura 32. Explorador óptico del sistema facsímil que emplea fotodiodos y varios juegos de lentes.

En su forma más sencilla está compuesto por un sistema de transporte de papel, un explorador óptico y un conversor de luz o señal eléctrica (figura 32).

El explorador óptico analiza las líneas proyectando un haz luminoso sobre el papel a reproducir, y la luz reflejada es recogida sobre un espejo que la aplica a un fotodiodo. Este convierte la luz reflejada en una corriente eléctrica, la cual es transmitida por la línea telefónica.

Esta exploración se realiza a velocidad constante, añadiéndose al final de cada línea una señalización para indicarlo. La señal resultante es analógica y sólo resuelve blancos y negros puros.

Los sistemas más modernos tardan entre dos y tres minutos para transmitir un tamaño de página DIN A4, dependiendo del grado de detalle que se desee. Una definición de 3,85 líneas por milímetro suele ser normal, tardándose entonces unos tres minutos en enviar toda la página. Otro valor corriente suele ser 3,08 líneas por milímetro con un tiempo de transmisión de dos minutos.

El sistema reproductor realiza la función inversa , la señal eléctrica recibida es decodificada y enviada a un mecanismo de impresión del sistema de agujas, el cual reproduce el documento enviado.

Los terminales de facsímil modernos suelen tener otras facilidades adicionales, como por ejemplo sistemas de identificación automática de estación (figura 35).

El futuro

Los próximos años harán el debut en el mercado aquellos dispositivos de comunicación de imagen y de transmisores de mapas meteorológicos que ahora se están preparando bajo las direcciones del CCITT con estructuras de señal digitales. Sin embargo, la solución más efectiva para cualquier trabajo dado en relación a su costo podría ser analógica o digital, dependiendo del trabajo que deba hacer en un momento determinado.

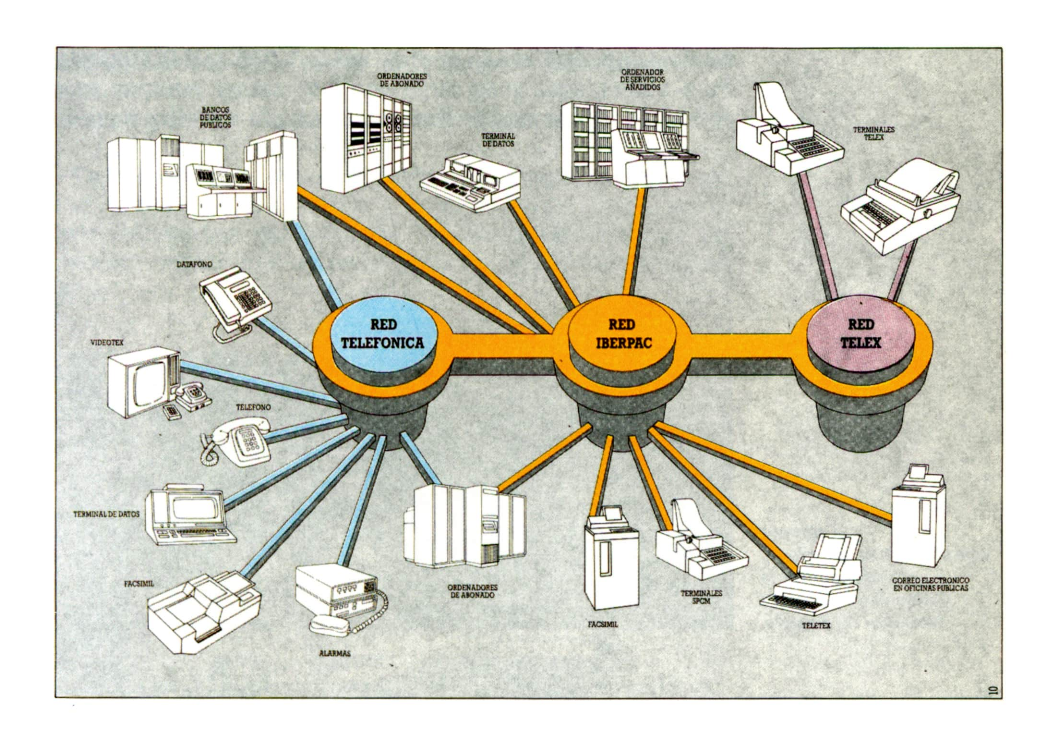
TRANSMISION DE DATOS

Hasta 1950 la transmisión de señales analógicas era la forma normal de comunicación eléctrica, haciendo excep-

ción de la telegrafía. Pero con el advenimiento de los computadores y de la automatización, la transmisión de información digital ha ido en aumento hasta el extremo de hacer necesario el uso de redes especiales para este menester.

Hoy en día son comunes los sistemas de proceso de datos integrados que, ayudados por la necesidad de descentralización, han hecho que la transmisión y distribución de señales digitales sea una de las mayores tareas de la comunicación eléctrica.

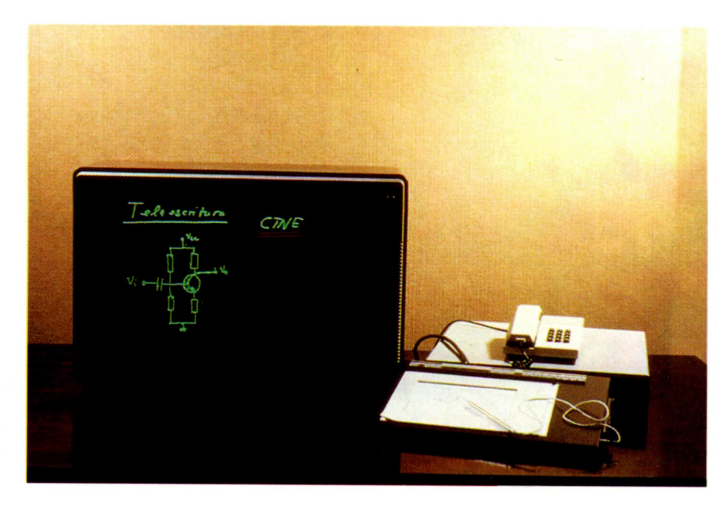
Figura 33. Red especial para la transmisión de datos que incluye la telefonía, el teletex y otras redes especiales de datos. (Cortesía: Compañía Telefónica Nacional de España).



Mientras que para las transmisiones analógicas los parámetros más importantes eran el ancho de banda de transmisión y la relación señal/ruido (que da idea de lo «pura» que se transmite la señal original), en los sistemas digitales los parámetros son la velocidad de la señal y la posibilidad de error.

La velocidad de la señal digital se expresa normalmente en bit/s (baudios), siendo bit es la contracción de *binary digit*, dígito binario, que es la unidad de información básica.

Los diferentes sistemas digitales poseen diferentes velocidades de transmisión. En la parte más baja están los terminales manuales, que suelen trabajar hasta 100 bits/s. En el otro extremo están las operaciones internas de los computadores, que alcanzan fácilmente los 10^9 bits/s. Velocidades intermedias de 1 hasta 100 Kbits/s se consiguen en lectores de datos electromecánicos y electromagnéticos. Pero la forma más corriente de transmisión de datos es la que utiliza como canal la red telefónica, cuya velocidad de transmisión está comprendida entre 1.000 y 5.000 bits/s. Para velocidades más altas son necesarios equipos más sofisticados, como los *modems*.



Conjunto completo de teleescritura, presentado por la Compañía Telefónica Nacional de España.

A diferencia de la velocidad de transmisión, la cuestión de qué cantidad de errores por número de bits transmitidos es aceptable es bastante nebulosa. Naturalmente, los errores en la transmisión son muy importantes para la supervivencia de estos sistemas. En cualquier caso la probabilidad de error depende de qué se esté transmitiendo.

Mientras que para la transmisión analógica lo importante es hacer que la señal transmitida sea lo más parecida posible a la original, en la digital lo importante es que la información

contenida en el mensaje sea lo más exacta posible a la que se transmitió.

Como la señal digital es discreta por naturaleza (el mensaje digital consta de un número finito de símbolos diferentes), pueden ser empleados refinamientos como regeneración de símbolos y código de control de errores. Más aun, es posible suministrar al receptor un «diccionario» de cómo deberían ser los mensajes recibidos en ausencia de ruido. Entonces, dada la señal contaminada (la que le llega realmente al receptor), el receptor la compara con los posibles mensajes que le deben llegar. A esto se le llama detección coherente y conduce a la optimización del sistema mediante el uso de la teoría de la decisión estadística.

La transmisión digital vía telefónica

La necesidad de transmitir datos entre computadores de una forma sencilla, fiable y a bajo coste, llevó a las administraciones estatales de los servicios públicos de Telecomunicaciones a establecer las redes públicas de datos.



Figura 35. Un modelo de emisor y receptor de facsímil por vía telefónica.

En España, la Compañía Telefónica (CTNE) puso en servicio en 1971 su red de transmisión de datos, siendo en aquella fecha una pionera mundial.

A continuación se tratará de explicar esta red española de transmisión de datos.

Organización de la red

En la fecha en que fue puesta en servicio no existían equipos capaces de conmutar circuitos para datos (sistema similar en concepción al sistema de conmutación para los enlaces vocales), por ello se decidió utilizar un sistema de conmutación de paquetes.

En la configuración de la red pueden apreciarse dos niveles claramente diferenciados, el primero es el concentrador y el segundo el centro de conmutación regional. Ambos niveles están basados en minicomputadores convencionales, cuyas configuraciones y programación se han tomado para el control de comunicaciones en tiempo real.

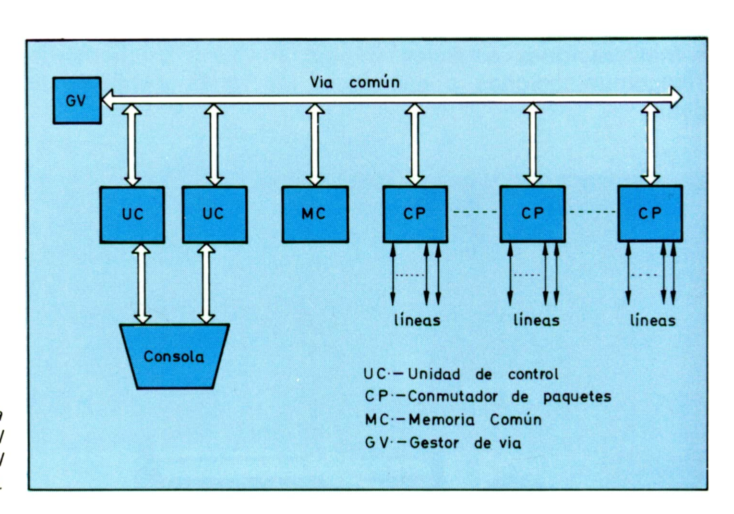


Figura 36. Esquema general de bloques del funcionamiento del Sistema Tesys-5.

Los concentradores son la «puerta de entrada» para aquellos terminales que no son capaces de «empaquetar» su información, además de adaptar el protocolo al de la red general.

La red transporta la información de las diferentes transmisiones en curso fraccionada en paquetes, con arreglo a formatos normalizados. Este fraccionamiento es realizado o

bien por el propio terminal de abonado o por los concentradores.

Las ventajas que ofrece este sistema consisten en que, utilizando unos mismos recursos de transmisión y conmutación, pueden ser transportados por la red paquetes de distintas comunicaciones simultáneas. La asignación de estos recursos se hace de forma temporal y asíncronamente en función del flujo de información.

El acceso directo a los centros de conmutación regionales sólo puede ser hecho a través de terminales capaces de funcionar en forma de paquetes. En este caso la velocidad normal de transmisión suele ser de 200 baudios (200 bits/s) y se utilizan canales de tipo telefónico.

Otra forma de entrar a los CCR es utilizando las centrales de conmutación normales y en este caso el proceso de señalización es de tipo telefónico. Una vez establecida la comunicación se opera como en el caso directo.

Sistema TESYS

Los equipos que en el futuro cubrirán las necesidades de conmutación de la red Pública de Datos española, serán equipos desarrollados por la CTNE y la industria nacional.

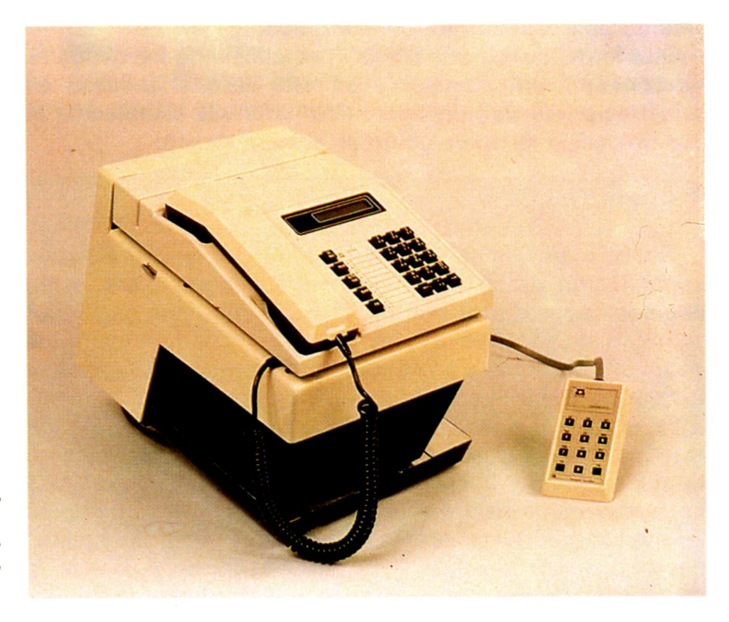
Su concepción es específica para la conmutación de paquetes, basándose en el uso de microprocesadores entre los que se distribuyen las funciones y la carga del sistema.

En esquema, el sistema Tesys-5 es el de la figura 36. En esta estructura, las funciones de señalización para el establecimiento y liberación de comunicaciones virtuales y las funciones de tratamiento y conmutación de paquetes se asignan a los Conmutadores de Paquetes (CP); las funciones de control, relativas a la gestión del servicio y a la supervisión del sistema, se asignan a las Unidades de Control (UC); y las funciones de comunicación hombre-máquina se asignan a las unidades auxiliares que se agrupan en la consola del sistema. Estas son las funciones básicas a realizar por un sistema de conmutación de paquetes.

Las distintas funciones de proceso del sistema son realizadas mediante un único tipo de unidad de proceso. Dicha unidad está constituida por un microprocesador de 16 bits, con su lógica y periferia asociada, con su memoria local y con un cierto número de unidades para la incorporación de otros dispositivos.

Según estos dispositivos, sean periféricos para la comunicación hombre-máquina o sean líneas de transmisión, la unidad de proceso se denomina Unidad de Control (UC) o Conmutador de Paquetes (CP) respectivamente.

Todas las Unidades de Proceso (UP) pueden comunicarse entre sí directamente a través de la vía común. Para el acceso a la vía común cada UP dispone de una unidad denominada Periférico de Acceso a la Vía (PAV), que gobierna las transferencias de información entre una UP y las otras UP y la MC. Esta unidad está diseñada en base a cuatro microprocesadores de 4 bits.



Un modelo de datáfono con impresora, equipo utilizado por la Compañía Telefónica Nacional de España.

Existe además una Memoria Común (MC) a la que pueden acceder todas las unidades de proceso a través de la vía común. La capacidad de la MC es de un millón de octetos.

La vía común está duplicada por razones de fiabilidad y el acceso a dichas vías está gobernado por unos dispositivos denominados Gestores de Vía (GV). La transferencia de información en cada vía común se efectúa con un reloj de 5 MHz.

La consola, que contiene un par de teleimpresores para registro de incidencias y diálogo interactivo de operador con el sistema, una unidad de alarmas y unos dispositivos de memoria auxiliares para carga de programas y funciones de gestión, se conecta a las UC mediante interfaces de periferia correspondientes a cada dispositivo.

Las líneas de transmisión se reparten los CP, conectándose mediante unidades de interfase de Línea (IL) que se especializan en tres tipos: para líneas asíncronas, síncronas y HLDC (un sistema de protocolo de transmisión de datos) respectivamente. Las IL están diseñadas en base a un microprocesador de 8 bits. El número de líneas conectables a un CP es de 40 en el caso de líneas asíncronas, 20 en el caso de líneas síncronas o HDLC hasta 19.200 bps y 10 en el caso de HDLC a 64 Kbps, o bien un número variable en el caso de mezclar distintos tipos de líneas en un CP.

El sistema Tesys-5 lleva dos UC, activas las dos durante el funcionamiento normal del centro, y puede equipar hasta 32CP en su configuración máxima.

Este sistema, dependiendo de los módulos de programación que se le incluyan, constituirá centros de conmutación regionales y locales, y concentradores de media y gran capacidad.

TELEFONIA DIGITAL

El alto grado de desarrollo tecnológico en el campo del estado sólido y de la integración de componentes para formar complejos sistemas digitales, ha llevado a la telefonía a cambiar su desarrollo analógico por el digital.

El uso de la moderna tecnología

Muchos de los circuitos integrados digitales desarrollados para los microprocesadores son directamente aplicables a la transmisión digital y a los sistemas de comunicación. Las máximas ventajas de la moderna tecnología empiezan a ser ahora mucho más claras cuando los circuitos LSI están siendo desarrollados específicamente para las funciones de las telecomunicaciones.

El coste relativamente bajo y las altas prestaciones de los circuitos digitales, permiten implementaciones digitales en

algunas aplicaciones que hasta ahora eran de un coste prohibitivo con los elementos analógicos existentes.

La principal desventaja de los circuitos digitales LSI resulta de su limitada posibilidad de conexión externa. La solución ha llegado de la mano de las técnicas de multiplexado en el tiempo, con las que un terminal de un circuito integrado puede ser usado o accedido por múltiples canales. Esto permite un mínimo de interconexiones y un máximo de utilización del dispositivo.

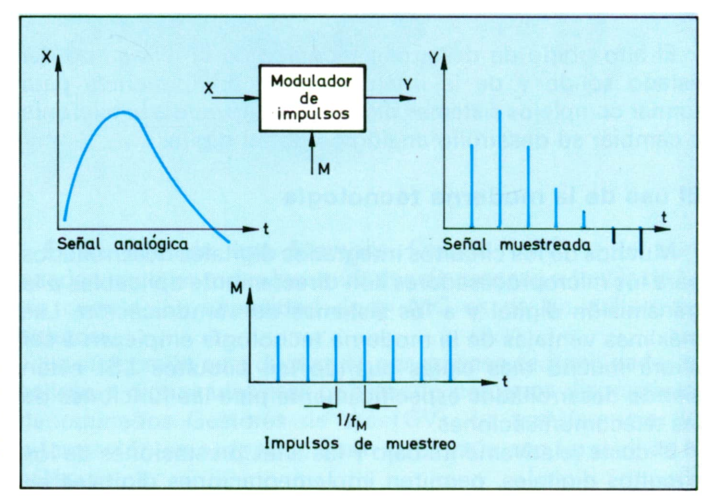
Digitalización de la voz

El primer paso necesario para utilizar las facilidades de un sistema telefónico digital consiste en transformar la voz en una señal digital.

La digitalización de una onda analógica requiere dos procesos: el primero de ellos es la modulación por amplitud de pulsos (PAM) y el segundo es la modulación por impulsos codificados (PCM).

PAM

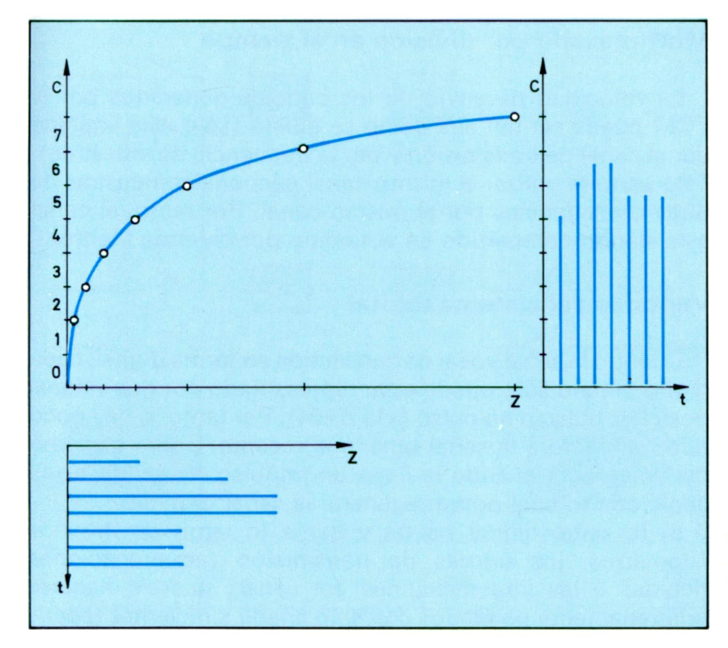
El PAM consiste en tomar muestras de la onda a intervalos regulares de tiempo. Si las muestras se toman los suficiente-



Operación de muestreo en un sistema de telefonía digital que trabaja según la modulación por amplitud de pulsos.

mente a menudo, la forma de onda original puede ser completamente recuperada de la secuencia de muestras mediante el uso de un filtro pasobajo.

En 1933, Harry Nyquist estableció que la frecuencia mínima de muestreo necesaria para extraer toda la información de la señal muestra, debía ser mayor o igual que dos veces la frecuencia más alta contenida en la señal original.



Esquematización de la curva de compresión para el sistema europeo de digitalización de voz para telefonía.

PCM

Como se ha visto, el PAM convierte una señal analógica en una serie de muestras de valor analógico. El PCM es una extensión del PAM donde cada valor muestra se cuantiza en un valor discreto representado por una palabra en código digital. Por tanto, un sistema PAM se puede convertir en un sistema PCM añadiéndole en el transmisor un convertidor analógico digital (A/D) y en el receptor un convertidor digital/analógico (D/A).

Para reducir el número de niveles de la escala, según la cual se asignan los valores digitales a las muestras, en lugar de usar una escala lineal se usa una logarítmica; de este modo, a señales débiles se les hace corresponder escalones pequeños y a señales altas escalones grandes. Por tanto, se realiza una compresión antes de codificar en digital.

Posteriormente se asigna un código binario a cada escalón, con lo que se genera la codificación.

Multiplexado por división en el tiempo

La velocidad de envío de los códigos generados por el PCM puede ser tan alta como se quiera (sólo está limitada por el canal de transmisión y por la frecuencia de muestreo). Esto permite utilizar el mismo canal para enviar muestras de otras procedencias por el mismo canal. Por tanto, el canal está siendo compartido en el tiempo por diversas fuentes.

Ventajas del sistema digital

Cuando la señal vocal es transmitida en forma digital, cada dígito binario sólo puede estar representado por dos valores posibles: pulso o no pulso («1» ó «0»). Por tanto, si hay poco ruido añadido a la señal binaria el receptor podrá discernir perfectamente cuándo le llega un impulso o cuándo no le llega, con lo cual podrá regenerar la señal original.

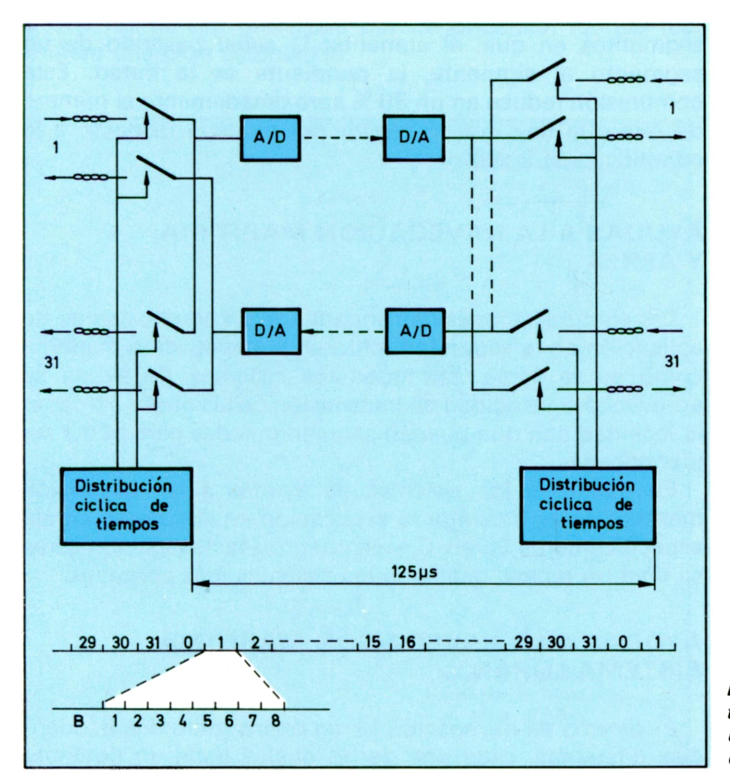
Si la señal digital ha de viajar a lo largo de muchos kilómetros, los errores de transmisión (equivocaciones debidas a las imperfecciones del canal) pueden hacerse arbitrariamente pequeños con sólo añadir suficientes repetidores regenerativos a lo largo de la línea de transmisión, aprovechando la propiedad antedicha de que la señal digital sólo puede tener dos valores.

El ruido en telefonía digital

Como ya se ha dicho, la cuantificación se realiza de manera que hay más niveles para las señales débiles que para las señales altas. Por tanto, el ruido podría ser más grande que la señal útil en los primeros tramos de la cuantificación. En particular, durante los intervalos de pausa en las conversaciones, el efecto del ruido podría ser notable.

Para evitar este problema se ha establecido un intervalo de cuantificación nula para las señales muy débiles.

Por lo demás, se puede decir que aun existiendo el ruido de cuantificación, que es muy bajo, la relación señal-ruido es mucho mejor que en los sistemas convencionales analógicos.



Espectro de la trama de un sistema TMD utilizado en la telefonía digital.

NORMALIZACION EUROPEA

En Europa se ha normalizado el uso del sistema PCM sobre un par telefónico, con una velocidad de 2.048 Kbits/s. La frecuencia de muestreo es de 8 kHz y 8 bits transmitidos en serie para cada código de una muestra, lo que hace que se puedan multiplexar 32 canales. De ellos 30 se usan como

canales de conversación; uno, canal 0, para sincronización del período de 125 microsegundos en el receptor, lo que permite demultiplexar los 32 canales y otro canal, el 16, para transmisión de señalización correspondiente a los 30 canales de conversación, también multiplexado en el tiempo.

En la normalización europea, por simplicidad de diseño se ha aproximado la ley logarítmica de compresión por una de 7 segmentos en que, al aumentar la señal pasando de un segmento al siguiente, la pendiente es la mitad. Esta compresión reduce en un 30 % aproximadamente el número de bits que hay que transmitir por muestra respecto a la cuantificación lineal.

AYUDAS A LA NAVEGACION MARITIMA Y AEREA

Las comunicaciones han encontrado un amplio campo de aplicación en la seguridad tanto en la navegación marítima como en la aérea. En todos los sistemas de ayuda se aprovecha la velocidad de transmisión de las ondas así como la facilidad con que pueden ser manipuladas para poder ser identificadas.

En cuanto a los sistemas de ayudas a la navegación marítima se va a centrar la explicación en el sistema Loran, específicamente Loran-C, y en cuanto a la navegación aérea se dará un repaso general a los sistemas más comunes.

AYUDAS A LA NAVEGACION MARITIMA: SISTEMA LORAN

El sistema de navegación Loran opera sobre dos frecuencias diferentes, cada una de las cuales tiene un conjunto distinto de características. Cada frecuencia tiene su propia designación Loran, Loran-A y Loran-C.

Sistema de navegación Loran-C

Las estaciones de Loran tienen que mantener un alto grado de precisión para que puedan ser de utilidad, esto implica que los equipos de las estaciones terrestres deben ser altamente sofisticados.

Características generales del Loran-C

Las señales del sistema Loran-C son radiadas con una frecuencia de portadora de 100 kHz y con un ancho de banda de 20 kHz. Como consecuencia de su baja frecuencia estas señales tienden a ser «ondas superficiales», esto es, siguen la curvatura de la tierra. Una consecuencia inmediata es que no se ven afectadas por la ionosfera, lo que les confiere una gran estabilidad.

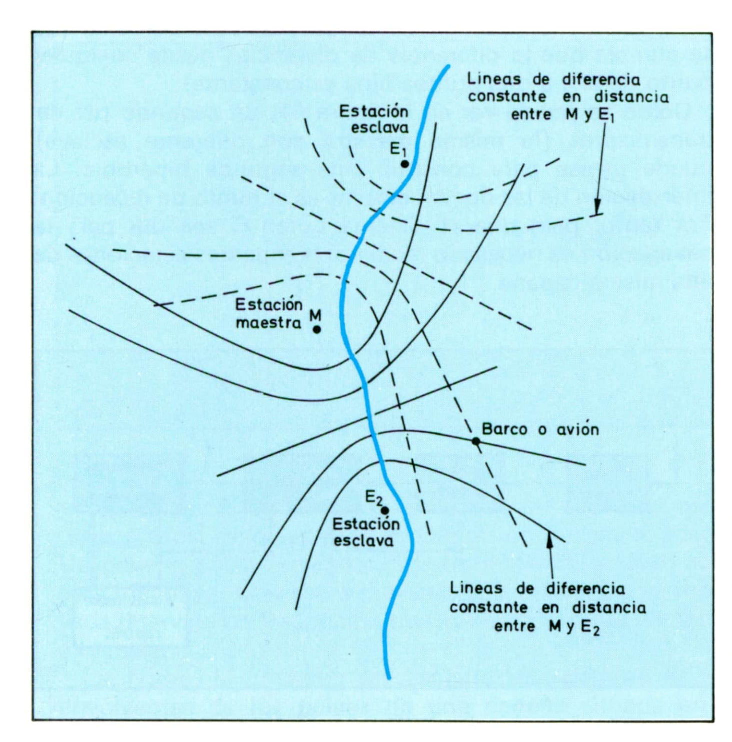


Figura 41. Para que el sistema Loran-C sea útil para la navegación es preciso recibir tres estaciones de una misma cadena. En el esquema pueden verse las hipérbolas que se obtienen por cada par de emisoras «maestra-esclava».

Estas señales son emitidas por una cadena de estaciones, generalmente tres o cinco. Una estación de cada cadena es la «maestra» y las otras las «esclavas». La maestra transmite grupos de pulsos que se reciben en las esclavas, éstas a su vez transmiten grupos de pulsos similares a los de la maestra, pero añadiendo entre cada grupo unos retrasos fijos.

El receptor de Loran-C, situado sobre el barco, recibe los pulsos de la maestra y de las esclavas y calcula la diferencia temporal entre ambos. Esta diferencia de tiempos se utiliza para establecer una línea de posición en relación con la cadena Loran.

Si la diferencia temporal entre las señales recibidas fuera igual al retraso introducido por las emisoras esclavas sobre los grupos, el receptor se hallaría en un punto de una línea recta equidistante entre la maestra y la esclava. Si la diferencia se desvía de la original, entonces el receptor se halla sobre una hipérbola (una hipérbola es la curva en que se cumple que la diferencia de distancias desde cualquier punto de ella a dos puntos fijos es constante).

Como se puede ver en la figura 41, un segundo par de transmisores (la misma maestra con diferente esclava) puede usarse para construir una segunda hipérbola. La intersección de las dos hipérbolas es el punto de recepción. Por tanto, para que el sistema Loran-C sea útil para la navegación es necesario recibir al menos tres estaciones de una misma cadena.

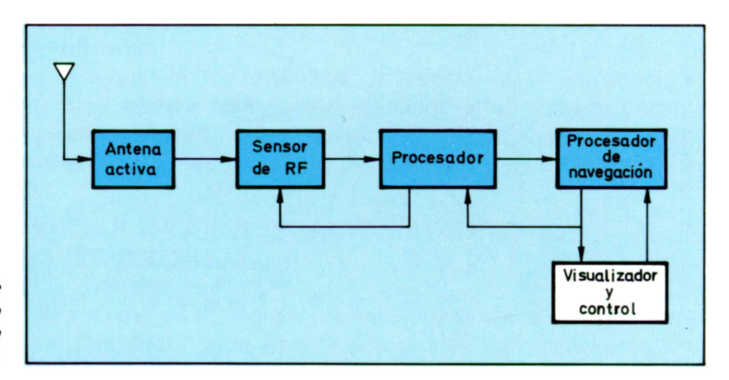


Figura 42. Diagrama de bloques muy simplificado de un receptor basado en el sistema Loran-C.

Receptor de Loran-C

Los más modernos receptores de Loran-C son sumamente sofisticados, habiendo incluso algunos capaces de calcular la latitud, la longitud y la orientación. La precisión que puede obtenerse de los mismos varía según la geometría de la cadena de emisoras y de la distancia, pero en el peor de los

casos puede ser de ± 50 pies, si se tienen en cuenta las correcciones debidas a la propagación.

En la figura 42 puede verse un receptor completo de Loran-C.

Señal de Loran-C

La señal de Loran-C es un conjunto de pulsos cuya forma en el caso ideal puede verse en la figura 43.

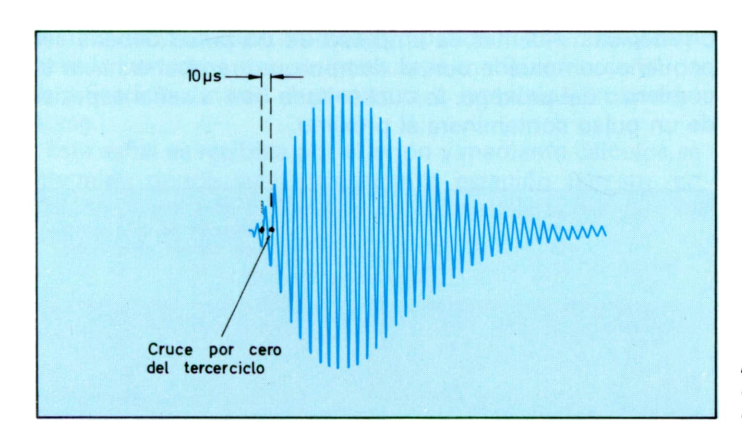


Figura 43. Forma ideal de un pulso con los que trabaja el sistema Loran-C.

Cada estación de Loran-C emite una serie de grupos de ocho pulsos, espaciados en el tiempo por un milisegundo. Un noveno pulso (enviado 2 ms después del octavo) sirve para identificar la emisora maestra. Esta secuencia se repite cada intervalo de Repetición de Grupo (GRI) que identifica a la cadena.

La figura 44 muestra las amplitudes relativas de las envolventes de los pulsos de una cadena situada en el nordeste de EE.EE., en la que el GRI es de 99,600 μs. Cada línea vertical representa un pulso. Hay que tener en cuenta que las amplitudes relativas, así como el tiempo de separación entre los grupos de pulsos, varía dependiendo de la localización del receptor (que es precisamente lo que hace útil el sistema Loran-C).

Estas señales están codificadas en fase, lo cual permite a los receptores identificar a la maestra y a las esclavas, así

como poder utilizar un modo automático de búsqueda y, de paso, rechazar las ondas espaciales.

Las ondas espaciales en el sistema Loran-C

Un problema que se encuentra al usar el Loran-C es la contaminación que se produce en las ondas superficiales debido a las espaciales. Para que una señal Loran-C no sea contaminada por las ondas espaciales se utilizan señales con pendientes de subida rápida, lo cual permite que el pulso llegue a su máximo valor antes de que lleguen las espaciales o reflejadas. Además, la amplitud de un pulso debería ser pequeña comparada con el tiempo que transcurre hasta el comienzo del próximo, lo cual evitaría que la señal espacial de un pulso contaminara el próximo.

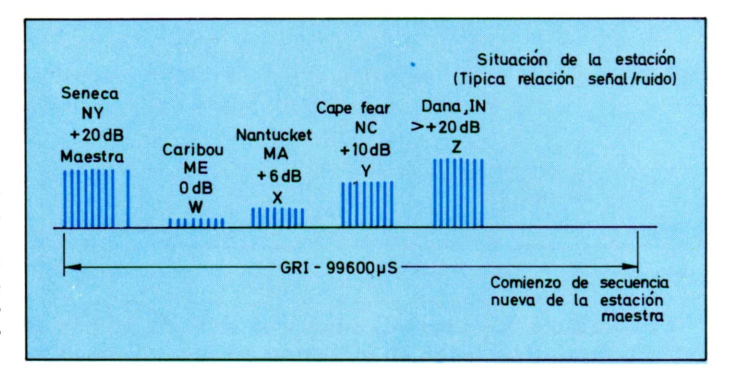


Figura 44. Amplitudes relativas de las envolventes de los pulsos de una cadena Loran-C, situada en el oeste de EE.UU. En las debidas a la sección «maestra» puede notarse el pulso extra que las identifica.

Para mantener un ancho de banda de 20 kHz es necesario limitar los tiempos de subida de los pulsos, por eso se ha escogido la forma de la figura 44 para los pulsos del Loran, forma que mantiene el ancho de banda dentro de los 20 kHz y además evita que las ondas espaciales afecten al próximo pulso.

AYUDAS A LA NAVEGACION AEREA

Los sistemas que se van a tratar a continuación son los radiofaros no direccionales (NDB), sistema omnidireccional

de muy alta frecuencia (VOR), el equipo de medición de distancias (DME) y el sistema de navegación aérea táctica (TACAN), así como el sistema instrumental de aterrizaje (ILS).

Radiofaros no direccionales (NDB)

Es un sistema de radiofaro no direccional, esto es, que tramiste señal en todas las direcciones, capaz de ser captado por el localizador de dirección (D.F.) que está a bordo de los aviones. La señal transmitida puede ser una señal portadora con una identificación modulada o puede llevar modulación sobre la portadora que se interrumpe mediante la señal de identificación, la cual se transmite a intervalos en código Morse.

Esta señal es recibida por el avión y mediante cálculos se determina dónde está localizada la estación terrestre en relación con el avión. Por tanto, sólo suministra orientación relativa.

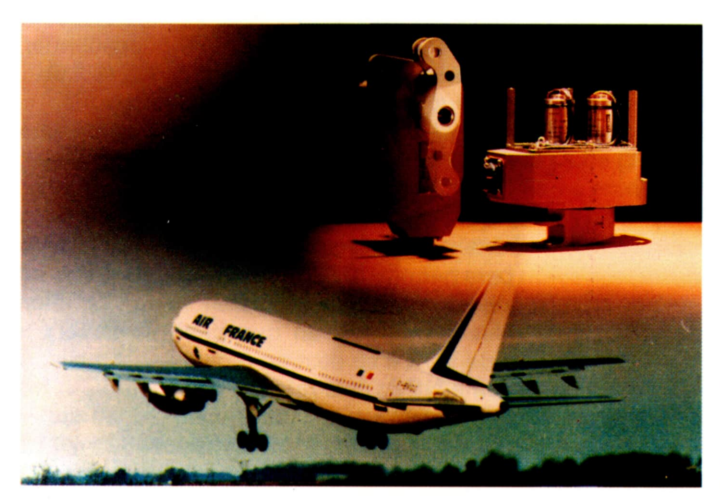


Figura 45. Mecanismo de control y mando de vuelo utilizado en la industria aeronáutica. (Cortesía: Thomson CSF).

Cuando se desea una orientación magnética (respecto del polo norte) en el cálculo se deben tener en cuenta diversos factores, como pueden ser las condiciones de propagación del área.

Para determinar si la señal llega desde la izquierda, la derecha, delante o detrás, existen equipos manuales y automáticos. En los primeros es el piloto quien lo averigua moviendo la antena gradualmente, mientras que los segundos son aquellos equipados con D.F.

Los sistemas NDB pueden estar situados en cualquier lugar, en o fuera de los aeropuertos, a lo largo de los pasillos aéreos, etc.

Las antenas utilizadas pueden ser o bien las horizontales simples de alambre o las torres verticales o de tipo mástil, pero de igual importancia que las antenas o el transmisor es el sistema de toma de masa de aquellas, el cual les añade o quita eficiencia.

Es el sistema más simple que existe actualmente para la navegación aérea. Con el entendimiento del sistema y algunas reglas simples y matemáticas aplicadas, un piloto experimentado puede calcular la distancia que lo separa de la estación de NDB que esté por delante o por detrás del avión, incluso sin ver el suelo.

El rango de frecuencias utilizadas en los sistemas de NDB está comprendido entre 200 y 415 kHz; se ve muy afectado por las condiciones meteorológicas, cosa que puede limitar, y de hecho limita su uso.

Sistema omnidireccional de muy alta frecuencia (VOR)

Es un sistema que suministra información en forma de señales sobre la orientación magnética (en relación al polo norte) del avión para permitir al piloto conocer con exactitud su posición en relación con un punto en tierra. También avisa sobre la dirección exacta en que debe volar para ir desde la estación de VOR a su destino o para llegar a ella. A diferencia del sistema NDB, éste no queda afectado por las condiciones meteorológicas.

El rango de frecuencias de operación está entre 111 y 118 MHz. Transmite básicamente dos tipos de señales: la primera es una señal de referencia transmitida en FM, mientras que la segunda gira alrededor de la estación a una velocidad fija, con lo cual modula espacialmente a la primera.

Cuando ambas señales son recibidas por el receptor de a bordo, éste determina el ángulo de desfase relativo entre ambas y suministra esta información al piloto en forma de

una orientación real sobre los instrumentos de navegación. Sólo cuando la portadora y la señal de referencia están en dirección norte ambas coinciden en fase y la lectura es cero. En cualquier otra posición ambas señales dan el ángulo exacto que hay entre el avión y el polo norte magnético.

Estación de equipo de medida de distancias (DME)

Este equipo está localizado en tierra, desde donde capta y emite señales. Estas señales son recibidas por el avión al que le suministra información exacta de la distancia a la que se halla de la estación. Su frecuencia de operación está entre 900 y 1.100 MHz.

Quizá sea el más complejo de los sistemas de ayuda a la navegación aérea, por lo que estas líneas se limitarán en lo que sigue a una explicación general de la forma de operar.

Una vez el piloto utiliza un canal de DME, éste emite una señal que es recibida por la estación de tierra. Esta, a su vez, envía una nueva señal de identificación. El equipo de a bordo mide entonces el tiempo transcurrido entre la primera señal enviada por él y la recepción de la contestación. Este tiempo es traducido a una distancia que es la que corresponde a la que hay desde el avión a la estación de DME.

Una estación de DME terrestre puede manejar hasta cien aviones a la vez, y la fiabilidad en la medida de la distancia alcanza los 200 pies cuando el avión está cerca de estación. Pero, además, el sistema le dice al piloto la velocidad que lleva respecto de tierra, a la vez le va dando los cambios de distancia respecto de la estación a medida que el avión avanza en su ruta.

VORTAC

VORTAC es el término utilizado para describir el lugar en que se acomodan los dos mayores sistemas de ayuda a la navegación aérea para formar un equipo de encaminamiento o terminal.

VORTAC se utiliza muchas veces para determinar la colocación conjunta de VOR y de DME, o de VOR y TACAN. Tanto el sistema VOR como el DME ya se han explicado previamente.

El TACAN (Navegación Aérea Táctica) es un sistema de navegación omnidireccional de ancho de banda pequeño,

capaz de suministrar información de distancia y de orientación.

Los aviones civiles pueden recibir del sistema TACAN información sobre la distancia, mientras que los militares reciben tanto información de la distancia como de la orientación.

Como el DME, el TACAN es un sistema pulsante que opera en la banda de UHF (entre 960 y 1.215 MHz). Hasta cien aviones pueden recibir información, simultáneamente, de la distancia, y un número ilimitado pueden recibirla del acimut.

Uno de los más importantes usos que tienen hoy en día el VORTAC y el VOR/DME para la navegación aérea es el RNAV (navegación de área). RNAV es un método de navegación que permite las operaciones de los aviones sobre cualquier curso dentro del radio de cobertura de la estación o en los límites de un sistema completo.

Una de las facilidades que incluye el RNAV es la presentación precisa de la desviación que el avión lleva con respecto a su ruta exacta, incluso con desviaciones tan pequeñas como cinco millas.

Sistema instrumental de aterrizaje (ILS)

Es un sistema de precisión que ayuda a los aviones que están en las cercanías de los aeropuertos a tomar tierra. Más específicamente, el ILS guía al avión desde un punto predeterminado en el espacio hasta otro situado en el pasillo aéreo que une la pista desde donde el piloto debe proceder visualmente.

Está compuesto de un localizador, un determinador de la pendiente de planeo y, normalmente, de dos faros marcadores.

Una de las funciones principales de un ILS es suministrar al avión señales precisas y seguras que le indican los bordes laterales izquierdo y derecho del pasillo de aterrizaje. Esta función la realiza el localizador. Otra función es la de guiar al avión en el plano vertical al aeropuerto. Esta tarea es realizada por el determinador de la pendiente de planeo. La tercera función, desarrollada por los faros marcadores, permite al piloto establecer la mínima altitud de mantenimiento y le inica exactamente a cuánta distancia está del punto en que debe empezar el aterrizaje.

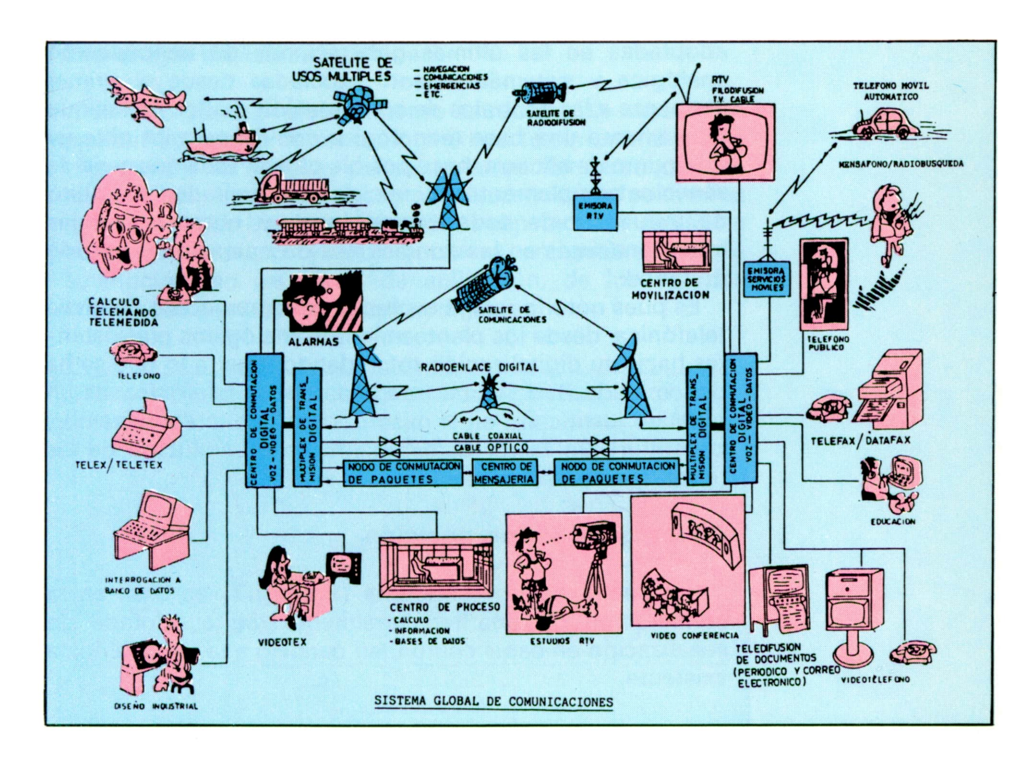


Figura 46. En la presente composición, se presentan de forma resumida, las diferentes posibilidades que brindan las telecomunicaciones.

LA DIGITALIZACION DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES

Líneas generales de evolución

Desde que el desarrollo tecnológico ha ido haciendo competitivos los sistemas digitales, inicialmente en el campo de la transmisión de pequeña capacidad y posteriormente en el de la conmutación y de la transmisión de media y alta capacidad, se han venido poniendo a disposición de los planificadores de redes telefónicas los medios idóneos para mejorar sustancialmente el rendimiento técnico y económico de las redes, aprovechando la sinergia derivada del empleo de una base tecnológica común en los elementos constitutivos de las mismas.

Por otra parte, la utilización de las técnicas de control por programa almacenado (SPC) en los nodos de la red, ya

adoptadas en las últimas generaciones de conmutación analógica y sistemáticamente asociadas desde el primer momento a las centrales de conmutación digital, en las que nuevamente una base tecnológica común permite obtener un óptimo de eficacia, hace posible ofrecer toda una serie de servicios complementarios, inicialmente limitados al ámbito de influencia de cada central local, y obtener ventajas importantísimas en las condiciones de operación y gestión de la red.

Es pues notorio que la evolución ya emprendida de la red telefónica, desde los planteamientos analógicos preexistentes hacia su digitalización total, dando lugar a lo que se ha denominado Red Digital Integrada (RDI) telefónica, es un objetivo justificado en sí mismo, pero que, como veremos, constituirá un factor determinante en la evolución de las redes de telecomunicación.

Estrategia de superposición

Su planteamiento estructural (figura 47) se basa en la constitución de una red toralmente digital, dotada de señalización en canal común, en paralelo a la red analógica existente.

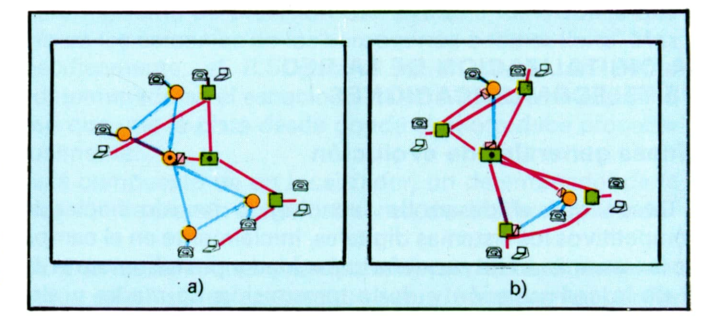


Figura 47. Estrategia de superposición: a) Etapa inicial. b) Etapa segunda, o de consolidación. La simbología gráfica se observa en la figura 48.

Su objetivo se centra en ofrecer la posibilidad de conexión digital extremo a extremo a 64 kb/s y las capacidades de señalización adecuadas, para atender a la prestación de los nuevos servicios o modalidades mejoradas de los existentes que requieran tales facilidades, entre cualesquiera abonados que lo soliciten dentro del país o zona de implantación de que se trate.

Estrategia de islas digitales

En este caso, el planteamiento estructural se basa en la paulatina creación de zonas, total o casi totalmente digitales (figura 48), en aquellas partes de la red donde se justifica económicamente, bien por la obsolescencia de los medios preexistentes, o bien por el desarrollo esperado del servicio a corto-medio plazo, y se caracteriza en general por la sustitución, en las zonas de aplicación, de los equipos analógicos por nuevos sistemas digitales.

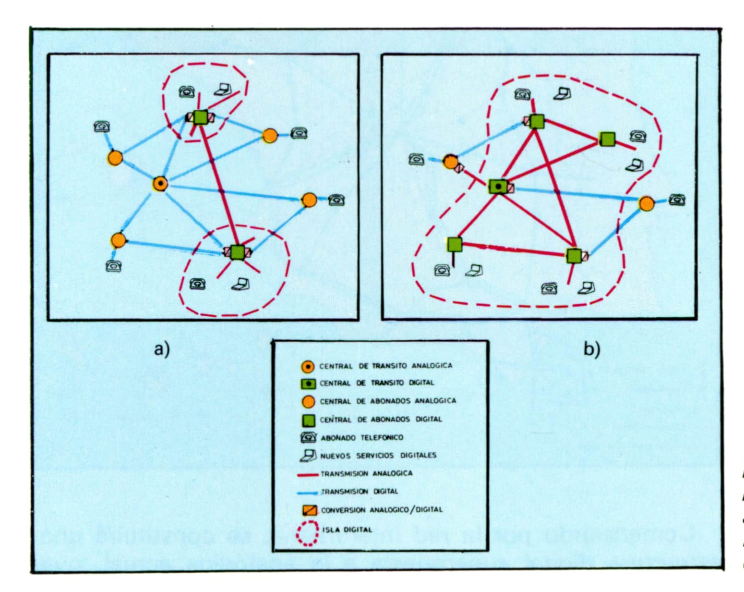


Figura 48. Estrategia de islas digitales:
a) Etapa inicial;
b) Etapa de consolidación.

La digitalización en España

Desde un punto de vista general, en nuestro país se parte de una situación de dispersión de estrcturas dedicadas (redes de circuitos y paquetes de Telefónica, redes télex y telegráfica de la DGT y red de RTVE, al margen de las destinadas a la Defensa y al Servicio Oficial). En general, sólo las redes de Telefónica se destinan, aparte de a la prestación de los servicios de alto nivel (Teleservicios) cuya explotación tienen encomendada, a facilitar servicios de

transporte (Servicios Portadores) a entidades ajenas. Tal podría ser el caso, por ejemplo, de los circuitos microfónicos o musicales para cadenas de radio, de enlaces de televisión vía satélite para TVE o de circuitos de muy diversas velocidades para redes telegráficas y de datos de uso privado.

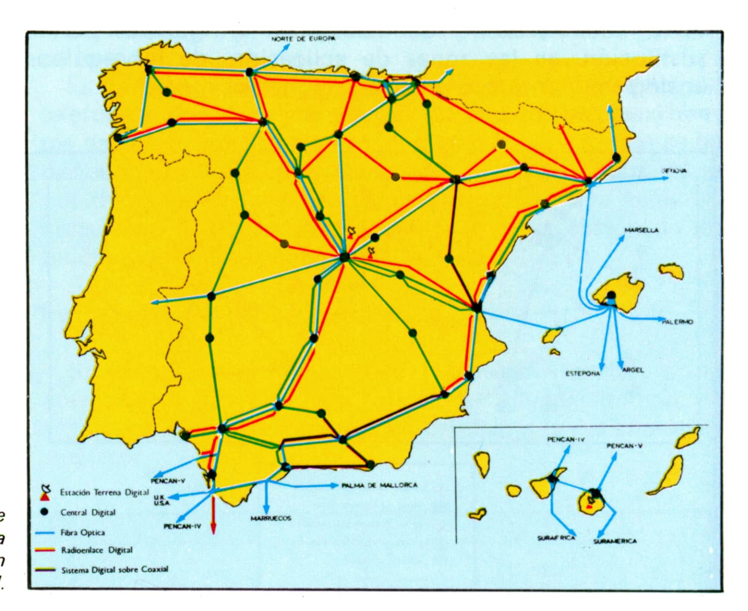


Figura 49. Red urbana de larga distancia dispuesta para una digitalización total del territorio español.

Comenzando por la red interurbana, se constituirá una estructura digital superpuesta a la analógica actual, que continuará prestando servicio hasta su paulatina desaparición. Hacia el año 1990 se dispondrá de al menos una cabecera digital en la totalidad de las provincias españolas, que estarán básicamente unidas por grandes vías de transmisión digital constituidas por medios radioeléctricos, sistemas de gran capacidad sobre la planta coaxial vacante existente y por una importante y creciente red de cables ópticos. Más del 90 % del total de más de 250.000 enlaces a instalar hasta el año 90 en centrales de tránsito, serán de tecnología digital, a la que, por supuesto, corresponde ya la práctica totalidad de las nuevas centrales de este tipo que se vienen instalando en los últimos años.

